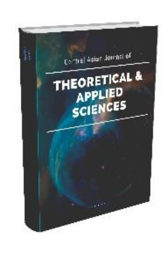


CENTRAL ASIAN JOURNAL OF THEORETICAL AND APPLIED SCIENCES

Volume: 03 Issue: 06 | Jun 2022 ISSN: 2660-5317

Анализ Устойчивости Аякчинской Грунтовой Плотины При Сейсмических Нагрузках

Х. Х. Турдикулов, PhD
(ФерПИ)

Received 24th Apr 2022, Accepted 13th May 2022, Online 2nd Jun 2022

Аннотация: *На основе разработанной методики и комплекса прикладных программ методом конечных решена задача по определению напряженного состояния высокой грунтовой плотины при сейсмичности района расположения в 8-9 баллов с учетом конструктивных особенностей и реальных неоднородных физико-механических характеристик грунта.*

Keywords: *Гидротехническое сооружение, грунтовая плотина, физико-механические характеристики грунта, сейсмичность района, напряжения, метод конечных элементов, безопасность..*

Введение. Проектирование, строительство и эксплуатация грунтовых плотин в сейсмических регионах, каким является республика Узбекистан требует постоянного усовершенствования расчетных методов по оценке их прочности, устойчивости и работоспособности, как при статических, так и сейсмических нагрузках. Предлагаемая методика расчета грунтовой плотины в плоской упругой постановке на сейсмические воздействия методом конечных элементов позволяет учесть конструктивные особенности сооружения, кусочно-неоднородные физико-механические характеристики грунтов, как сооружения, так и его основания. Потеря прочности или разрушение такого рода сооружений при сейсмических нагрузках может привести для ниже расположенных территорий потере материальных ресурсов, экологическим катастрофам, а также человеческим жертвам. Надежность и безопасность водоподпорных грунтовых сооружений во многом определяется напряжениями и деформациями, возникающими в плотине при различных нагрузках, включая сейсмические.

Действующие в настоящее время нормативные методы расчета грунтовых гидротехнических сооружений (одномерная постановка) на сейсмические воздействия не учитывают геометрию сооружения, а также неоднородность физико-механических характеристик грунта сооружения и его основания. Поэтому предварительный прогноз напряженно-деформированного состояния сооружения в плоской постановке с учетом его конструктивных особенностей, характеристик грунта самого сооружения и подстилающего основания, сейсмические воздействия, характерные для района расположения объекта, степени увлажненности грунта, позволяет выявить области, где превышаются допустимые запасы прочности и провести соответствующую коррекцию.

Методология. Рассмотрена плоская расчетная модель, представляющая поперечное сечение грунтовой плотины, находящейся на скальном основании . Методом расчета был выбран получивший широкое распространение метод конечных элементов (МКЭ), который позволяет учитывать неоднородность материала грунта сооружения, ее реальную геометрию, различные граничные условия. Разработана методика решения задачи определения напряженно-деформированного состояния (НДС) на примере грунтовой плотины Чарвакской ГЭС при сейсмическом воздействии с учетом присоединенной массы воды в верхнем бьефе.

Основная часть. Для проведения расчетов НДС плотины, работающей в сложных условиях под действием различных нагрузок, выбрано русловое поперечное сечение плотины, находящее в условиях плоской деформации. Модель включает не только тело самой плотины с ядром, но и скальное основание.

Геометрические параметры плотины для русловое сечения следующие: высота Н=70м; ширина гребня 10м; коэффициенты заложения откосов: верхового m_1=2.7, низового – m_2=2.5.

Физико–механические характеристики грунтовых материалов для каждого участка плотины предоставлены проектной организацией АО «Гидропроект», согласно имеющимся.

Расчетные характеристики – модуль Юнга Е грунтов определяется, исходя из формулы, отражающей скорость распространения поперечной волны $v_s = \sqrt{\dfrac{E}{2\gamma(1+\mu)}}$, в которой $v_s = 500 м/с$; γ - плотность грунта различной степени увлажнения; коэффициент Пуассона μ =0,3 для всех категорий грунта плотины.

Идея численного метода конечных элементов заключается в аппроксимации плоской модели системы «плотина – основание» совокупностью конечных элементов прямоугольных, соединенных в узлах, каждый из которых имеет по два возможных перемещения в плоскости – по горизонтали и вертикали. Исключение составляют неподвижные узлы, приходящиеся на нижнюю - жесткую границу основания, и узлы на вертикальных границах основания, где предполагается возможным вертикальное смещение. Действующие нагрузки – это силы упругости, собственный вес, инерционные силы (при сейсмическом воздействии), распределяемые по всем узловым точкам модели, а гидростатическое давление, действующее на верховой откос – только на узловые точки откоса с учетом увеличивающегося давления по глубине.

Расчет устойчивости грунтовой плотины был произведен по методике, предложенной известными учеными гидротехниками Карцивадзе Г.Н. [2], Гришиным М.М. [3], Мирсаидовым М.М. [4] для более неблагоприятных вариантов.

По разработанной методике было определена устойчивость работы плотины при различной балльности сейсмического воздействия (8-9 баллов рис.1,2) без учета воды и с учетом наполнении воды в в/х (НПУ=825,4). Результаты были получены для конструктивных и физико-механических характеристик грунта 9-створа рассматриваемой грунтовой плотины Чарвакской ГЭС.

Для расчета плотины на сейсмическое воздействие был принят спектральный метод, согласно которому расчетная сейсмическая нагрузка S_{ik} в выбранном направлении, приложенная к точке k и соответствующая i-му тону собственных колебаний сооружения, определяется по формуле (1-3) [2-4]

$S_{ik}= K_1 K_2 Q_k A\beta_i K_w n_{ik}$. (1)

Помимо различных коэффициентов, принимаемых по таблицам СНиПа, в эту формулу входят Q_k — вес сооружения, отнесенный к точке k; β_i — коэффициент динамичности, представляющий i-ю частоту собственных колебаний сооружения и n_{ik} — *i*-я форма собственных колебаниях сооружения.

Для предварительных подсчетов будем учитывать колебания только по первой (основной) форме, что дает очень малую погрешность[2]. Тогда по формуле метода спектральных кривых сейсмическая сила от веса временной нагрузки выразится так:

$$S_в = K_c \, \beta_1 \, n_{1в} \, Q_в \qquad (2)$$

Коэффициенты динамичности β по спектральной кривой изменяются в пределах 0,8-3,0. Коэффициент сейсмичности K_c равен для 7 баллов-0,025, 8 баллов-0,05, 9 баллов-0,1. Согласно данным пробных расчетов, коэффициент формы $n_{1в}$ для сооружений изменяется в пределах 1,1-1,3[2]. Поэтому при расчетах вместо формулы (1) воспользуемся формулой(2) и таблицей 1 для определения максимальных и минимальных значений сейсмических сил $S_в$.

Таблица 1 Максимальные и минимальные значения сейсмических сил $S_в$ [2]

Сила землетрясения, баллы	Сейсмические силы в долях $Q_в$	
	максимальные $S_в$	минимальные $S_в$
7	0,098	0,022
8	0,195	0,044
9	0,39	0,088

Из таблицы 1 видно, что максимальное значение сейсмической силы составляют 10% от собственного веса (при 7-баллах), 20% (при 8-баллах), 40% (при 9-баллах). При решении статической задачи это значение сдвигающей силы прилагалась к узлу рассматриваемого элемента, как добавка к силам гравитации и гидростатики. Этот упрощенная задача при сейсмических воздействиях вполне согласуется с известными работами [2,4]. Определялись кинематические характеристики (перемещения, напряжения) в узлах рассматриваемого сооружения. Далее согласно формуле определяется коэффициент прочности материала грунта К [4].

$$K = \frac{0{,}5\left[\left(\sigma_1 + \sigma_2 - 2\tau_{мах} \cdot \sin\varphi\right) \cdot tg\varphi + 2C\right]}{\tau_{мах} \cos\varphi} \qquad (3)$$

где σ_1, σ_2- главные напряжения; τ_{max} - максимальные касательные напряжения; φ- угол внутреннего трения грунта; с-сила сцепления грунта.

Далее приводится распределение коэффициента устойчивости при восьмибалльном сейсмическом воздействии.

а)

Volume: 03 Issue: 06 | Jun 2022, ISSN: 2660-5317

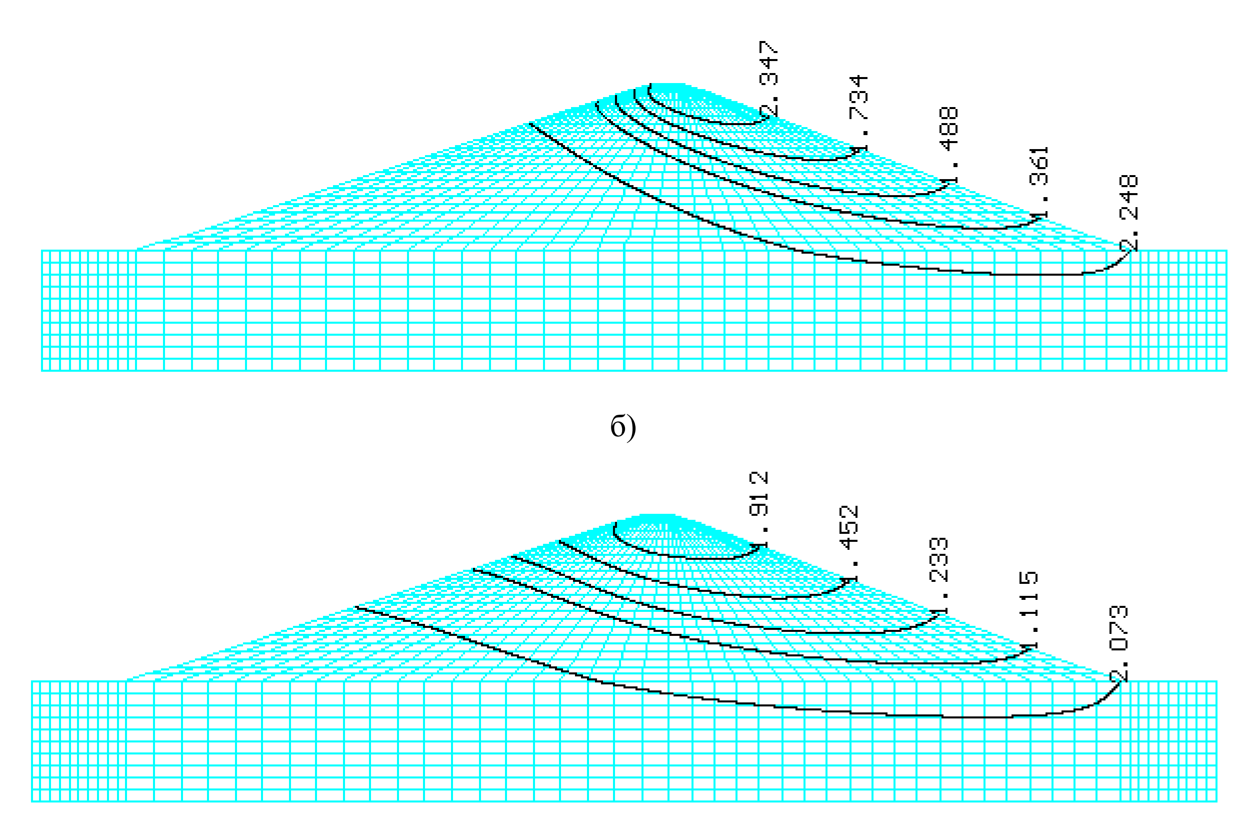
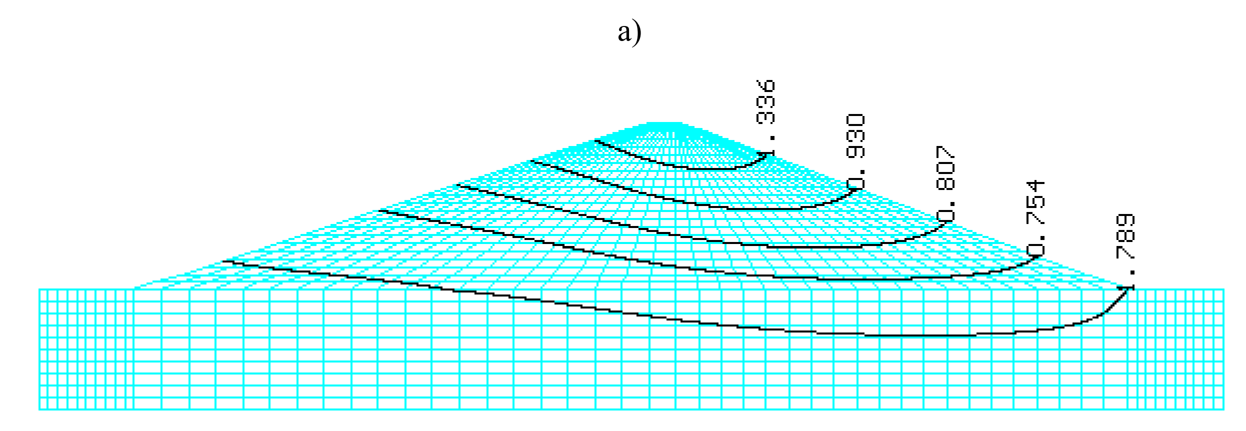


Рисунок 1- Распределение коэффициента прочности в теле плотины при восьмибалльном сейсмическом воздействии без учета (а) и с учетом наполнения (б)

Как показывают результаты вычислений распределения изолиний равных коэффициентов прочности по телу плотины за счет воздействия гидростатических сил на верховой откос устойчивость плотины уменшается и в основном неустойчивость приходится на нижние участки низового откоса, где должны находится дренажи.

Как видно из результата расчета неустойчивость откоса наблюдается для плотины в сухом состоянии, при наполнении в/х устойчивость нижнего бъефа уменъшается. Далее приводится распределение коэффициента устойчивости при 9 балльном сейсмическом воздействии.

а)



б)

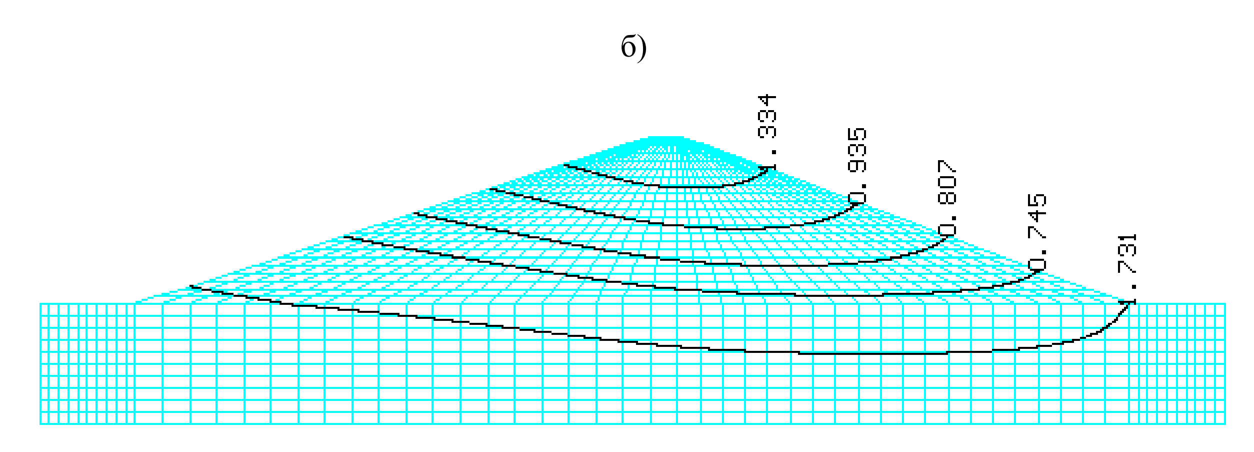


Рис.2. Распределение коэффициента прочности в теле плотины при 9 балльном сейсмическом воздействии без (а) и с учетом наполнения (б).

Как видно из результата расчетов (рис.2) при возможном 9-ти балльном сейсмическом воздействии вне зависимости от наполнения водой в/х тело плотины сдвигается в сторону нижнего откоса, тем самым образуя неустойчивые зоны как в верховом так и в низовом откосах. Дополнительный учет гидростатического давления уменъшает запас прочности (К) крутого верхового откоса. На низовом откосе остаются участки необеспеченной прочности.

Выводы. Решена статическая задача по определению напряженного состояния тела грунтовой плотины. Построены изолинии равных коэффициентов устойчивости Аякчинской грунтовой плотины при различной величине сейсмического воздействия (8-9 баллов) при действии только сил гравитации (без учета наполнения) и с учетом наполнения (силы гравитации и гидростатика). При неблагоприятном варианте, когда сейсмическая сила действует с балльностью -9 наблюдается неустойчивость откосов, которая не зависит от наполнения.

Рекомендации.

1. Необходимо провести исследования по определению и уточнению физико-механических характеристик грунтов со стороны проектной организации АО «Гидропроект» на сегодняшний день.

2. Для дальнейшей безопасной эксплуатации грунтовой плотины Аякчинской В/Х необходимо установить современную автоматическую мониторинговую систему, включающую в себя имеющиеся данные с анализом визуальных и натурных наблюдений, а также данные контрольно-измерительной аппаратуры [5] .

Литература

1. Салямова К.Д., Турдикулов Х.Х., Мифтахова И.Р. расчет высокой грунтовой плотины с учетом напряженного состояния и порового давления (с учетом данных натурных наблюдений).//Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова.2019.№7.с.24-32.
2. Карцивадзе Г.Н. Сейсмостойкость дорожных искусственных сооружений. М.Транспорт.1974.164с.
3. Гришин М.М. Гидротехнические сооружения.ч.1 М.1979.-250с.
4. Мирсаидов М.М., Годованников А.М. Сейсмостойкость сооружений. Ташкент, «Узбекистан», 2008, 220 с.

5. Салямова К.Д., Митюлева В.В., и др. Рекомендации по обеспечению сейсмобезопасности гидротехнических сооружений в период эксплуатации.// Ташкент. Навруз.2018.168с.
6. Salyamova K D., Rumi D.F., Turdikulov Kh.Kh. Analysis of seismic stability of retaining earth structures with account of dissipative properties of soil. European science review 11–12 November – December. V 1 Vienna. 2018, P. 81-84.
7. Yangiev Asror, Salyamova Klara, Turdikulov Khusanboy and Fayziev Xomitxon. Dynamics of an earth dam with account for rheological properties of soil under dynamic effect // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 869 (2020) 072005 IOP Publishing doi:10.1088/1757-899X/869/7/072005
8. KD Salyamova, XX Turdiqulov. Analysis of stability of ground dams under seismic loads // Scientific-technical journal – (2020) 24 (1), 59-63
9. KD Salyamova, XX Turdiqulov. Analysis of stability of ground dams under seismic loads // Scientific-technical journal – (2020) 3 (1), 37-41
10. Salyamova K.D.,Turdikulov KH.X. Stress state of an earth dam under main loads considering data from fild observations// Journal of physics Conference Series/. 1926(2021) 01.2004.DQI 10/1088/
11. Salyamova K.D., Yangiev A.A., Fayziev X., Turdiqulov X.X., Adjimuratov D.S. “The Stress State Of A Soil Dam Under Dynamic Action, Taking Into Account The Dissipative Properties Of The Soil”//International Journal of Progressive Sciences and Technologies (IJPSAT), http://ijpsat.ijsht-journals.org Vol. 25 No. 2 March 2021, pp. 51-62 (SCOPUS) doi:10.52155.
12. Salyamova K.D., Turdikulov X.X. “Strength Evaluation of the Charvak Earth Dam in a Plane Formulation”. Middle European Scientific Bulletin, Volume 18, November 2021, Pages 424-434 (Impact Factor: 7.525)
13. ABDULKHAEV, Z. E., Sattorov, A. M., & Shoev, M. A. O. (2021). Protection of Fergana City from Groundwater. Euro Afro Studies International Journal, 6, 70-81.
14. Abdulkhaev, Z. E., Abdurazaqov, A. M., & Sattorov, A. M. (2021). Calculation of the Transition Processes in the Pressurized Water Pipes at the Start of the Pump Unit. JournalNX, 7(05), 285-291.
15. Arifjanov, A., Otaxonov, M., & Abdulkhaev, Z. (2021). Model of groundwater level control using horizontal drainage. Irrigation and Melioration, 2021(4), 21-26.
16. Usarov, M., Ayubov, G., Usarov, D., & Mamatisaev, G. (2022). Spatial Vibrations of High-Rise Buildings Using a Plate Model. In Proceedings of MPCPE 2021 (pp. 403-418). Springer, Cham.
17. Usarov, M., Usarov, D., & Mamatisaev, G. (2021, May). Calculation of a Spatial Model of a Box-Type Structure in the LIRA Design System Using the Finite Difference Method. In International Scientific Siberian Transport Forum (pp. 1267-1275). Springer, Cham.
18. Mirsaidov, M., Usarov, M., & Mamatisaev, G. (2021). Calculation methods for plate and beam elements of box-type structure of building. In E3S Web of Conferences (Vol. 264). EDP Sciences.
19. ўғли Мадалиев, М. Э., Орзиматов, Ж. Т., ўғли Исломов, И. И., & ўғли Нўмонов, М. Б. (2022). Численное Исследование Модифицированного Центробежного Циклона. CENTRAL ASIAN JOURNAL OF MATHEMATICAL THEORY AND COMPUTER SCIENCES, 3(4), 123-132.

